©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Bedeutung von Verkleinerungen und Vergrößerungen fürs geologische Arbeiten

Von

Otto Ampferer

ordentl. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Mit 4 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Mai 1943)

In der Geologie hat man es zumeist mit riesengroßen Gegenständen zu tun. Man kann freilich von den Felsen und Schuttmassen kleine Stücke gewinnen, ja sogar durch Schleifen durchsichtige Häutchen herstellen, welche ein großes Maß von optischer Vergrößerung erlauben.

Will man sich aber Einblicke in die vergangenen Bewegungen der großen Gesteinskörper verschaffen, so gibt es nur einen Weg, der ohne Verkleinerung oder Vergrößerung arbeiten kann, nämlichen jenen der schrittweisen Begehung, Besichtigung und Betastung.

Dieser Weg ist aber sehr beschwerlich, sehr langsam, für den einzelnen jedoch der allerschönste, weil alle Entdeckungen sich in der freien Weite und ihrer Beglückung vollziehen. Sobald man aber aus solchem Begehungsgut Mitteilungen für Fernerstehende veröffentlichen oder aber für sich selbst geometrische Konstruktionen herstellen will, ist man gezwungen, zur Darstellung in Verkleinerungen zu greifen. Ein Hauptmittel zur eigenen Orientierung und zur gegenseitigen Verständigung ist die kartenmäßige und profilmäßige Darstellung, welche in immer steigendem Umfang zur Lösung von geologischen Aufgaben verwendet wird.

Im folgenden soll nun versucht werden, sowohl für die Benützung von Verkleinerungen als auch von Vergrößerungen einige zwangsläufig damit verbundene Vor- und Nachteile in Umrissen vorzuführen.

Wenn man z. B. die Karte 1 : 25.000 eines Gebirges vor sich liegen hat, so stellt dieselbe ein wirkliches Wertpapier vor, das dem Kundigen eine außerordentlich große Menge von Einsichten zu vermitteln vermag.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wahrscheinlich gibt es kein Papier, das mehr Auskünfte zu erteilen vermag als eine gute Landkarte. Hat man aber dieses Gebirge als Bergsteiger und Geologe zu allen Tages- und Jahreszeiten kennengelernt, so ist man doch über die ungeheure Armseligkeit auch der besten Karte erstaunt.

Eine wesentliche Verbesserung einer Karte vermag ein fein geformtes Relief aus Meisterhand zu bringen.

Es ist nun zu fragen, was eine gute Karte dem Geologen zu bieten vermag und was über ihr Vermögen hinausgeht. Vergleicht man eine Landkarte z. B. mit einem Lichtbild derselben Gegend im gleichen Maßstab, so fallen die Unterschiede unschwer auf.

Zunächst trifft die Karte in ihrer Zeichnung des Dargestellten eine geistige Auslese, die photographische Linse aber nur in bezug auf Größe, Helligkeit und Farbigkeit.

Durch diese geistige Auslese wird die Karte nun zum Symbol. Wichtige Einzelheiten, die weit unter dem Maßstab liegen, werden durch räumlich übertriebene Symbole angedeutet, andere dafür ausgelassen. Die Photographie ist dagegen maßstabgetreuer.

Am besten wäre es, Karte und Lichtbild nebeneinander zu benützen. Das Auslassen zahlreicher Detailformen kann für den Geologen in Hinsicht auf genaue Ortserkennung oft recht hinderlich werden.

Wenn z. B. statt 10 Felsrinnen nur 3 eingetragen sind oder statt 4 Moränenwällen nur einer oder statt 20 Wegschlingen vielleicht 4, so kann eine geologische Eintragung nur schematisch vollzogen werden. Es ist daher verständlich, wenn die aufnehmenden Geologen immer mehr auf genauere Landkarten drängen. Solche Karten größeren Maßstabes enthalten wesentlich mehr geologisch nützliche Detailangaben.

Anderseits sind die Karten großen Formates weit unbequemer zu handhaben und bei Wind oder Regen unbenützbar. Durch Zerschneiden kann man Abhilfe treffen. Das Eintragen von geologischen Grenzen ist in einem gut bewachsenen Gebirge vielfach unsicher. Wesentlich leichter sind Felsgebirge oder Felsküsten zu kartieren. Daher sind auch Karten von solchen Nacktgebieten mit Karten aus Waldländern, Eisgebieten, Sumpf- oder Seeländern, Sandwüsten im Genauigkeitswert nicht zu vergleichen. Sie müssen daher in allen Fragen, die eine tiefere Einsicht erfordern, immer an erste Stelle gerückt werden. Die Verläßlichkeit der geologischen Karten ist auch, abgesehen von der starken Verkleinerung, eine außerordentlich verschiedene und kann nur von einem erfahrenen Feldgeologen richtig eingeschätzt werden.

Die gebräuchlichsten Kartenverkleinerungen von 1/100.000 bis 1/10.000 wirken sich natürlich auch für die danach entworfenen Querschnitte verschieden stark schematisierend aus. Aus diesem Grunde habe ich selbst schon seit vielen Jahren dem an Ort und Stelle im Angesicht der Natur entworfenen Profilbild den Vorzug vor dem aus der Karte abgenommenen Querschnitt gegeben. Nur so ist das feinere Detail überhaupt zu retten. Freilich geht diese verbesserte Einsicht teilweise auf Kosten einer gleichförmigen Verkleinerung.

Im allgemeinen gelingt es mit Hilfe einer guten geologischen Karte Querschnitte herauszuzeichnen, welche mit denen des zu untersuchenden Gebirges wenigstens räumliche Ähnlichkeit besitzen. Man kann die Tiefe von Mulden, die Höhe von Sätteln berechnen, ebenso die Schnitte von Schubflächen mit Mulden und Sätteln, die Veränderungen der Schichtmächtigkeiten, das Auskeilen und Anschwellen einzelner Schichtglieder bestimmen.

Es lassen sich so eine Reihe von geometrischen Eigenschaften des Schichtbaues auf Grund der räumlichen Ähnlichkeit der Verkleinerungen festlegen.

Diese Angaben und Folgerungen können zu einem großen Teile auch in der Natur messend nachgeprüft werden.

Daneben gibt es eine große Gruppe von Eigenschaften des wirklichen Gebirges, welche auch bei der sorgfältigsten Ausführung der Verkleinerungen verlorengehen oder doch unberechenbare Verzerrungen erleiden. Dazu gehören vor allem die Festigkeitseigenschaften, die bei Druck, Zug, Drehung, Stoß, Biegung, Zertrümmerung, Zerreibung zum Ausdruck kommen. Es gelingt nicht, diese Eigenschaften, z. B. in einem entsprechend verkleinerten Modelle, so nachzubilden, daß man daraus auf ähnliche Eigenschaften im Naturganzen würde sicher schließen können.

Dies gelingt noch für Bestimmungen innerhalb des Bereiches von menschlichen Bauwerken, nicht aber für die Dimensionen eines Gebirges.

Es liegt dies einerseits an den bescheidenen Größen der Bauwerke, anderseits an der Verwendung von eigens ausgesuchtem, fehlerfreiem Material.

Weiters kommt in Betracht, daß die menschlichen Bauwerke aus kleinen Stücken zusammengefügt werden und auch diese Zusammenfügung noch prüfbar ist.

Weicht man aber von dieser Herstellung der Bauwerke aus kleinen Stücken ab, wie es z. B. beim fließenden Zementguß von großen Talsperren der Fall ist, so entstehen in der Beurteilung der Festigkeit und Haltbarkeit gleich Unsicherheiten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Man kann also nicht etwa im Rahmen von Kartenmaßstäben die Festigkeitsverhältnisse von Gebirgsquerschnitten an Modellen prüfen und hoffen, dabei der Wirklichkeit nahe zu kommen. Das Gebirge enthält in seinem Inneren allzu viele uns nicht bekannte Baufehler und Störungen seines Gefüges, welche jede genauere Beurteilung mit Hilfe von Modellen im Kartenmaßstab hinfällig machen.

Eine weitere Unzulänglichkeit der starken Verkleinerungen ist darin begründet, daß sich die Riesenfülle der Gesteinsübergänge und Materialunterschiede bei weitem nicht ausdrücken läßt. Dabei ist festzuhalten, daß z. B. für die Standfestigkeit auch von gutem Material schon der Einschluß einer schmalen weichen oder gleitfähigen Zone von entscheidendem Einfluß sein kann. Dasselbe gilt für die Zugfestigkeit. Jede noch so starke Kette kann durch ein einziges schwaches Glied beim Gebrauche zerrissen werden.

Man tut daher besser, von vornherein mit den Schwierigkeiten und Begrenztheiten von starken Verkleinerungen beim geologischen Arbeitsgebrauch zu rechnen.

Anderseits bieten die Verkleinerungen dem Geologen den Vorteil, über schlecht bekannte Stellen scheinbar leichter hinweg zu kommen. Profile mit vielen Detailangaben lassen sich nur schwer in die Tiefe ergänzen. In kleineren Maßstäben ist dies immerhin leichter.

Fig. 1 zeigt ein kompliziertes Profil aus dem Gebiet des Karwendelgebirges. In diesem Maßstab ist eine Tiefenverlängerung ohne starke Verirrungen unmöglich. Hat man nun aber die Aufgabe, diese Stelle in die Großtektonik einzufügen, so ist dies nur durch eine starke Verkleinerung zu erreichen. Man schließt den Aufschluß gleichsam in eine Hülse ein und zieht nur einen Verbindungsfaden zu den nächsten ähnlichen Stellen. Den genaueren Ausbau muß man freilich zukünftigen Arbeiten überlassen.

Es ist wohl einzusehen, daß an der Oberfläche eines gut aufgeschlossenen Gebirges oder in Steinbrüchen oder Bergwerken an zahlreichen Stellen so reiche geologische Detailangaben vorliegen, daß man dieselben in großen Maßstäben unmöglich ohne viele Verirrungen in die Erdtiefen hinab ergänzen kann.

In kleineren Maßstäben lassen sich so hochkomplizierte Stellen gleichsam verpuppen und für die Zukunft aufbewahren. Vielleicht können sich daraus später einmal Schmetterlinge einer schönen Einsicht entwickeln. Es sind aber nicht allein die Verkleinerungen, sondern auch die Vergrößerungen in ihrer Anwendung an Beschränkungen gebunden.

Die Technik, Gesteine im Durchlicht oder Auflicht mit Hilfe von optischen Vergrößerungsmaschinen zu betrachten, ist heute schon sehr verfeinert, sowohl was die Herstellung solcher Maschinen als auch die Methoden ihrer Benützung betrifft.

Wesentliche Fortschritte in der Bestimmung der Mineralkörner, welche die Gesteine zusammensetzen, konnten hier in großem Umfang erreicht werden.

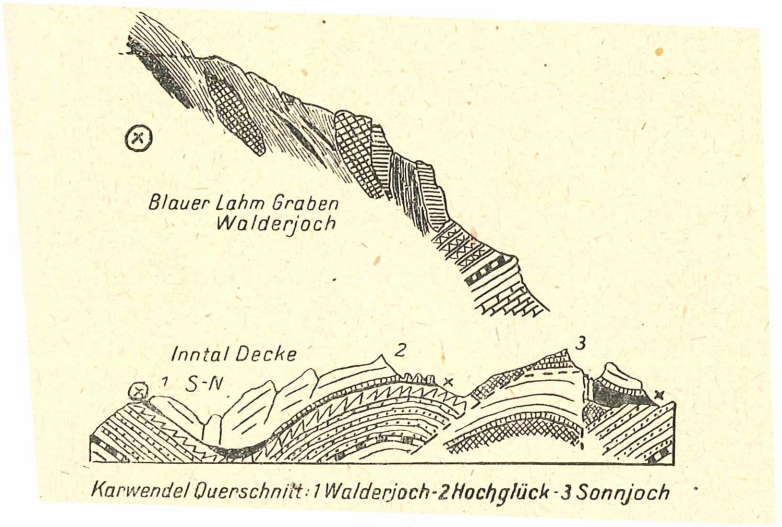

Fig. 1.

Die komplizierte Struktur des Blauen Lahm-Grabens ⊗ gestattet in dieser Detailfülle keine Tiefenverlängerung. In dem dazugehörigen Querschnitt des Karwendelgebirges erscheint sie in zirka 200facher Verkleinerung als das Südende eines schwarzen Fadens mit Knoten, welcher die hangende Inntaldecke von der liegenden Lechtaldecke trennt.

⊗ — × — × = Faden von hochkomplizierten Einschaltungen.

Man ist aber weiter gegangen und versucht aus den Vergrößerungen von Dünnschliffen auch Schlüsse auf die Großtektonik zu ziehen. Hier sind aber Einschränkungen zu beachten wie im Folgenden gezeigt werden soll. Wenn man Dünnschliffbilder mit den Angaben der Großtektonik in eine engere Beziehung bringen will, so ist die erste und unerläßliche Bedingung eine möglichst genau orientierte Entnahme der Handstücke aus sicher anstehenden Felsen, aus denen dann der orientierte Schliff hergestellt werden kann. Meines Wissens ist diese Grundforderung zuerst von Bruno

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sander und Walter Schmidt systematisch befolgt worden. Im allgemeinen wird man Handstücke mit erkennbarer Mechanik zur weiteren Untersuchung heranziehen. Es hat sich aber gezeigt, daß auch in vielen, scheinbar ganz unbewegten Schichten noch Bewegungsspuren zu entdecken sind.

Es ist also mit Hilfe der Dünnschlifftektonik möglich in Vergrößerungen noch bisher unbekannte Bewegungsspuren zu erkennen. Es kann also damit der Erkennungsbereich von inneren Bewegungsanzeichen in den Gesteinen ungemein erweitert werden. Vielleicht gibt es überhaupt keine Gesteine ohne innere Bewegungsanzeichen. Das Studium dieser vor allem erst in Vergrößerungen erkennbaren und meßbaren Bewegungsvorgänge ist heute schon zu einem eigenen Zweig der Petrographie ausgebaut worden.

Diese Untersuchungen besitzen auch viele Anwendungsmöglichkeiten, die weit über das Gebiet der Geologie und Mineralogie hinausreichen.

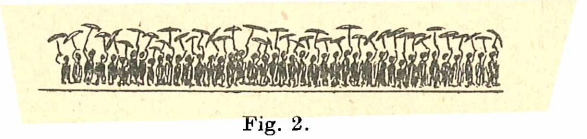

Fig. 2.

Menschenmenge mit aufgespannten Regenschirmen. Gedränge von Vergrößerungen.

Es ist nun für die Geologie eine Frage von Bedeutung, ob sich die in Reihen von benachbarten Dünnschliffen erkennbaren Bewegungsspuren summieren und die so erhaltbaren Summen weiter in die Großtektonik des betreffenden Gebietes einbauen lassen.

Wenn man in dieser Fragestellung zu einer Antwort kommen will, so ist es nützlich, sich in die Zusammenfügung vieler Dünnschliffvergrößerungen eine genauere Einsicht zu verschaffen.

Man hat hier zwei verschiedene Wege vor sich. Das Genaueste wäre eine zusammenhängende Dünnschliffuntersuchung von großen Flächenstücken. Man kann sich aber auch nur mit einer Stichprobenuntersuchung begnügen.

Die Zusammenschließung vieler Vergrößerungen zu einer einheitlichen Bildfläche ist durchaus keine einfache Sache. Man braucht nur daran zu denken, welche Unordnung entsteht, wenn z. B. in einer dichtgedrängten Menschenmenge jeder seinen Regenschirm aufspannen will. Fig. 2 entwirft ein lustiges Bild einer solchen Zusammenfügung von Vergrößerungen.

Man kann eine große Summe von Vergrößerungen nur auf einer Kugelfläche ohne gegenseitige Störungen unterbringen. Eine flächenhafte Vergrößerung von 1 auf 25 würde z. B. von der Ausgangserdkugel *A* zu einer Bildkugel *B* mit fünfmal so großem Radius führen, Fig. 3.

Das würde für die Erde bereits eine riesenhafte Kugel liefern, auf welcher die volle Summe der Dünnschliffbilder ohne gegen-

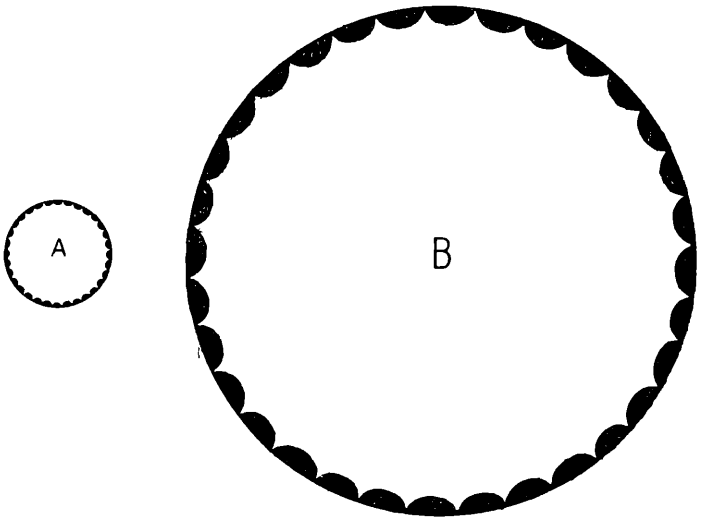

Fig. 3.
A = Schnitt durch die Erdkugel.
B = Schnitt durch die Bildkugel.
Die Bildkugel bringt eine raumrichtige Lage der Vergrößerungen der Erdstrukturen linear von 1 auf 5.
Die schwarzen Flächen sollen das Maß der Vergrößerungen schematisch andeuten.

seitige Bedrängung und ohne Lückenhaftigkeit untergebracht werden könnte.

Eine wirkliche Vergrößerung der Erde auf den fünffachen Radius würde aber bereits eine bedeutende Verminderung ihrer Dichte bewirken. Damit wären gewaltige Umwälzungen in ihrem Innern und wohl auch die Schaffung einer neuen Großtektonik unvermeidlich.

Man erkennt also, daß man zur raumrichtigen Unterbringung von großen Summen von Dünnschliffvergrößerungen eine Bild-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kugel benötigen würde, die weit größer als die Erde wäre. Könnte man aber die Erde selbst auf dieselbe Größe körperlich ausdehnen, so würde voraussichtlich eine neue und wohl auch fremde Tektonik mit gewaltigen Zerreißungen entstehen.

Wir haben also folgende Gegenüberstellungen:

Auf der wirklichen Erdkugel haben wir unsere gewöhnliche Großtektonik und auf einer wesentlich größeren Bildkugel die zusammengefügten Dünnschliffvergrößerungen.

Könnten wir die wirkliche Erdkugel auf die Größe dieser Bildkugel körperlich ausdehnen, so würde dabei wahrscheinlich eine neue, schwer zu beurteilende Großtektonik mit mächtigen Zerreißungen zustande kommen.

Vermöchten wir aber die Bildkugel nach ihrer Dünnschliffstruktur zu verkörperlichen und diese Masse dann auf die Größe unserer heutigen Erde zurückzuführen, so würde sich wiederum eine sehr viel intensivere Zusammenpressung ergeben.

Zwischen optischer Aufsprengung und körperlicher Ausdehnung liegt ein tiefer Unterschied.

Aus diesem geistigen Ballspiel mit Erde und Bildkugel von Fig. 4 geht also hervor, daß die wirkliche Großtektonik der Erde mit jener Tektonik, die sich aus der summierbaren Dünnschlifftektonik ablesen läßt, nicht ident sein kann.

Im einen Fall betrifft die Dünnschlifftektonik eine große unwirkliche Bildkugel.

Könnte man unsere wirkliche Erde auf dieses Kugelmaß körperlich ausdehnen, so würde dabei eine neue und fremdartige Großtektonik herauskommen.

Würde man endlich die große Bildkugel mit ihren Strukturen verkörperlichen und auf die heutige Erdgröße verkleinern, so müßte auf der letzteren eine weit intensivere und ebenfalls wieder neue Großtektonik entstehen. Es kann daher zwischen der körperlichen Großtektonik und der optisch aufgesprengten Dünnschlifftektonik keine Gleichstellung möglich sein.

Diese Verhältnisse ändern sich auch nicht wesentlich, wenn man zur Gewinnung einer Dünnschlifftektonik größerer Flächen zu einer Darstellung mit Stichprobenvergrößerungen übergeht.

Eine geschlossene Summe von Dünnschliffvergrößerungen herzustellen ist praktisch völlig ausgeschlossen. Schon aus diesem Grunde muß man sich mit einer relativ kleinen Zahl von Vergrößerungen begnügen.

Es wird daher die Auswahl jener Stellen, von denen man orientierte Schliffe bearbeiten will, eine Aufgabe sein, zu der bereits eine allgemeine Einsicht in den Bau des betreffenden Gebirges

vorhanden sein muß. Diese Einsicht kann durch eigene Begehungen oder durch eine Heranziehung von geologischen Karten geschaffen werden. Es fällt also zunächst für die Auswahl von Prüfstellen die Leitung der Großtektonik zu.

Nun kommt es ganz darauf an, welche Aufgaben man der Dünnschlifftektonik anvertrauen will.

Die Herstellung eines geschlossenen tektonischen Bildes wird ja schon durch die große Lückenhaftigkeit der Probestellen ausgeschaltet.

Es gibt aber erfahrungsmäßig wohl in den meisten größeren Gebieten gewisse typische tektonische Formungen, für deren mechanische Auflösung und Charakteristik die Dünnschlifftektonik ein ausgezeichnetes Hilfsmittel bedeuten kann.

Ebenso ist das Auseinanderhalten von zeitlich getrennten tektonischen Vorgängen in Vergrößerungen oft leichter als im freien Blickfeld möglich. Die Bewegungen in den Gesteinsmassen wechseln nicht nur ihre Richtung, sondern auch ihre Geschwindigkeit und ihre Gewalt.

Druckhafte Perioden können von zughaften oder drehenden abgelöst werden. Durch die Einflüsse von Wärme, von Lösungen und Gasen treten ausgedehnte Abscheidungen und Stoffwanderungen ein.

Umkristallisationen können kleinere und größere Bereiche ergreifen. Hier ist die Mitarbeit der Dünnschlifftektonik von hohem Werte und oft vielleicht das einzige Mittel für Entscheidungen.

Wir haben also als einzige Grundlage einer greifbaren Wirklichkeit die schrittweise Begehung, Besichtigung und Betastung der Erdoberfläche.

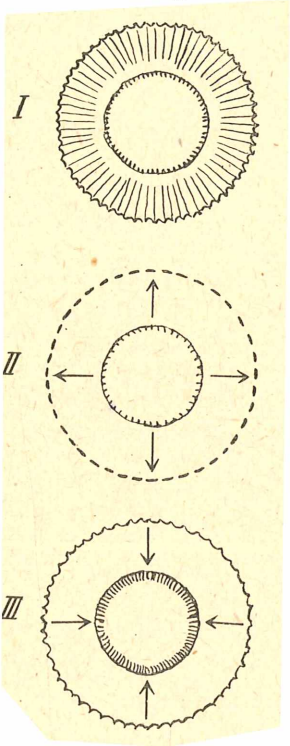

Fig. 4.

I = optische Vergrößerung der Erdstruktur linear von 1 auf 2 (Bildkugel).
II = körperliche Ausdehnung der Erde vom Radius 1 auf 2. Ergäbe starke Dehnung und Zerreißungen.
III = körperliche Kontraktion der verkörperlichten Bildkugel auf die Erdgröße. Ergäbe hier heftige Pressungen.

Will man ihre räumlichen Ergebnisse zur Anschauung bringen, so kann dies nur durch Verkleinerungen geschehen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Diese Verkleinerungen können, falls sie das Ähnlichkeitsverhältnis strenge einhalten, für die Erforschung der geometrischen Sachlagen ohne weiteres verwendet werden. Dagegen sind sie für eine Erforschung der Gefügeverbände unbrauchbar.

Für die Erforschung der Gefügegeheimnisse sind die Dünnschliffvergrößerungen das beste Mittel.

Zusammenhängende Profile in der Art der Großtektonik lassen sich aber auf diesem Wege nicht gewinnen.

Dafür bleibt nach wie vor nur die schrittweise Begehung, die auch mit allen Sinnen des Körpers zu arbeiten versteht, das zuständige Beginnen.